

文献引用格式:石慧斌,金迪锋,沙沫,等. 剧院表演区声环境研究[J]. 电声技术, 2018, 42(10):1-3.

SHI H B, JIN D F, SHA M, et al. Study on Acoustic Environment of Theatre Performance Area[J]. Audio engineering, 2018, 42(10):1-3.

中图分类号:TB54

文献标志码:B

DOI:10. 16311/j. audioe. 2018. 10. 001

剧院表演区声环境研究

石慧斌,金迪锋,沙沫,孙佳奇

(北京清华同衡规划设计研究院 建筑声学与室内设计研究所,北京 100085)

摘要:表演区是剧院建筑的重要组成部分,而表演区的声环境设计是剧院音质设计研究的热点。合理的表演区声学设计能够为表演者创造更好的演出条件。本文从乐池、舞台以及声反射罩三个方面对剧院表演区的声环境设计进行了研究,对有利于演奏者声学条件的表演区声环境设计方法进行了总结,为未来相关研究和实践提供了参考。

关键词:剧院;乐池;舞台;反声罩;声学设计

Study on Acoustic Environment of Theatre Performance Area

SHI Huibin, JIN Difeng, SHA Mo, SUN Jiaqi

(Architecture Acoustic & Interior Design, Tsinghua Urban Planning Design Institute Department, Beijing 100085, China)

Abstract: The Orchestra pit and the stage area are critical acoustic performance area in a theater and a rational and acoustically optimized orchestra pit and stage could effectively provide a better performance environment for musicians and artists. This paper will discuss the acoustic design of the orchestra pit, orchestra shell, and the stage area, from a practical and pragmatic perspective.

Key words: theater design; orchestra pit design; Stage design; acoustic design

剧院类建筑的声环境设计,除了观众厅的音质设计外,表演区(舞台和乐池)的声环境设计对于获得良好的厅堂音质也是非常重要的。演员的表演、演奏或演讲者讲话是根据自己所听到的声音来调整与确定自己的表演和演奏,从而向听众准确传达内容和情感,而舞台空间的声学特点在很大程度上影响着反馈给表演者的声音,如果反馈的声音不足或不清晰,不仅影响表演者的演出效果,也会影响表演者的情绪。本文在总结大量实践工程设计经验的基础上,对乐池、舞台空间以及声反射罩在设计中需要关注的问题进行了探讨和总结。

1 乐池的声学特性

乐池是供乐队演奏的场所,乐池的设计对于实现良好的演出效果是非常重要的,乐池的声学要求是使音乐声平衡融合的传递到观众席。乐池的规模、体型以及内部材料的布置都是需要关注的问题。乐池的形式是随着戏剧和剧院的发展而不断变化的。早期的剧场多呈半圆形布局,例如奥林匹

克剧场,乐池的位置通常在舞台和观众席之间。随着舞台机械和布景的发展,舞台空间逐渐扩大,乐池的位置下沉,通常位于舞台台唇的前下方。19世纪著名的作曲家瓦格纳,为了满足他创作的歌剧演出效果,对乐池的形式进行了革新,设计了半封闭式的乐池,将乐池部分深入到舞台台唇下部,形成下沉式乐池。与完全开敞式的乐池相比,这种形式乐池的乐声通过乐池顶盖反射进入舞台,与人声充分融合后,再进入观众席,使音色充满了神秘感。但这种类型的乐池,由于会抑制部分的乐声,仅适合演奏瓦格纳歌剧,因此乐池的设计要结合具体的演出功能来确定。

1.1 乐池的面积

乐池的面积包括两个方面的内容,一是乐池的开口面积,二是乐池的净面积,如图1所示,通常对乐池面积的要求均为乐池的净面积。乐池的面积需根据实际演出功能确定,乐池面积过小,无法满足乐队演出的需求;乐池过大,则会造成声能的损失,同时也会牺牲观众厅的面积。根据《剧场建筑

设计规范》中的规定,剧场设置乐池的面积应按容纳乐队人数进行计算,演奏员平均每人不应小于 1 m^2 ,伴唱每人不应小于 0.25 m^2 ,乐池面积不宜小于 80 m^2 。乐队人数与乐队的制式相关,管弦乐队的编制通常包括单管、双管、三管、四管,各编制的乐队人数不同,如表1所示。对于以歌剧演出为主的专业剧院来说,通常乐队规模为三管或四管;而多功能剧院可以根据实际演出需要适当减少乐队规模。对近年来的剧院项目进行了统计,大部分的乐池面积均在 $80\sim 100\text{ m}^2$ 左右,是比较合适的范围。乐池面积的确定还需综合考虑剧院的等级和规模等因素。

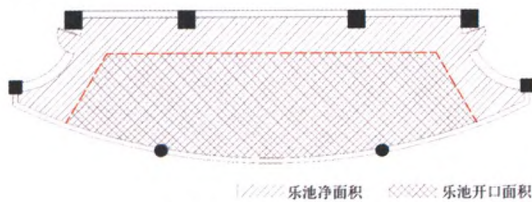


图1 乐池的面积

表1 乐队编制与乐队人数

乐队编制	单管	双管	三管	四管
人数/人	约40	约65	约85~100	约120
乐队所占面积/ m^2	>40	>65	>85~100	>120

1.2 乐池的体型设计

乐池的体型设计首先要考虑指挥、演奏人员以及台上演员三者之间的听闻关系和视线关系。台上的演员需要听清乐声来调整演唱,因此乐池的开口不宜过小,避免后部的乐声受到压制,不能够充分的扩散出去。乐师之间也需要良好的听闻,能够听到乐队的其它声部,因此乐池内部有充分的反射和扩散,使各乐声之间平衡。此外,乐队的指挥需要同时观察到乐师和演员,来及时的调整指挥^[1-2]。

乐池的剖面形式主要有两种,开敞式的乐池有利于指挥、演奏人员以及台上演员三者之间的听闻关系,通常大型的歌舞剧场多采用这种形式;半开敞式的乐池,通常应用于多功能剧场或小型剧场,以减小观众席与舞台的距离,但乐池深度的增加不利于高中频声能的扩散,因此对乐队布置有一定限制,同时不利于指挥与乐师之间的交流,如图2所示。为了使乐声更好的扩散到观众席,乐池的后墙和天花部分可适当倾斜角度,如图3所示。

乐池的深度不宜过深,通常在 $2.2\sim 2.4\text{ m}$ 之间,但如果考虑视线问题,则控制在 2.2 m 比较合

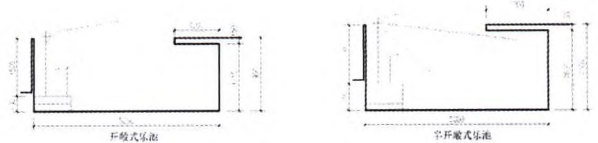


图2 乐池剖面形式

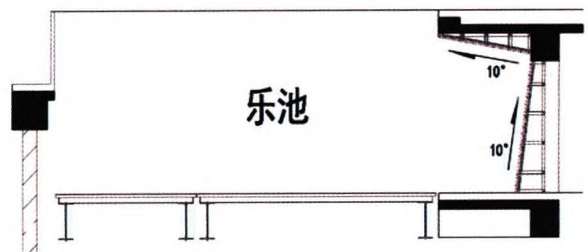


图3 乐池剖面墙面处理

适。乐池的宽度要根据乐队的规模和排数来确定,可以适当宽一点,使乐声在乐池中充分的融合。通常乐池的宽度在 5.5 m 比较合适,需要四管乐队演奏的剧院可增加乐池宽度,但乐池过宽会增加观众与舞台演员之间的距离,缺少亲切感。

1.3 乐池内的材料布置

乐池的体型还要考虑不同种类乐器的指向性,弦乐的指向性较弱,管乐的指向性较强。有些乐器的声能很大,会对其他乐器的声音产生掩蔽,因此在声能较大的乐器附近,可以增加扩散或者少量吸声,使各乐声之间更加和谐。

乐池内应布置反射较好的硬质材料,地面通常采用木地板,墙面可适当做扩散处理。当乐池空间较大时,也需要布置一定的吸声材料,避免出现回声等音质缺陷,如图4所示。

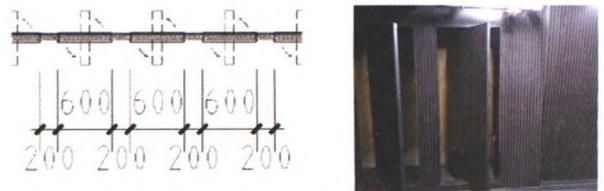


图4 乐池墙面翻转可变吸声板

2 舞台空间的声学特性

2.1 舞台的容积

舞台空间的容积与舞台机械和布景的发展密切相关,早期剧场的舞台机械和布景比较简单,因此舞台的规模也比较小。而随着舞台机械的发展,目前的舞台空间除了主舞台还有侧台和后舞台,同时为了布置景杆和灯杆,实现快速换景,舞台高度

也随之增加,导致舞台的容积通常是观众厅的两倍甚至更多。

舞台空间过大导致演员的大部分声能被舞台吸收,只有少部分声能到达观众席,一些演员为了保证足够的声能,需站到台唇进行演出,这是剧场舞台设计中应该引起重视的问题^[3]。

随着一些新技术的发展,舞台的布景可以通过光雕技术来实现丰富逼真的背景并快速换景,这些技术可以大大的减少舞台高度,缩减舞台容积。

2.2 舞台的台口尺寸

台口尺寸与舞台的宽度与深度相关,应根据舞台的尺寸来确定台口的大小,同时也应考虑观众席的视线,台口过大会造成穿帮,过小则会影响观众席的视线。台口尺寸与剧场的功能相关,戏曲和话剧类剧场的台口较小,歌舞剧剧场的台口较大。我们对近几年的剧场项目的台口尺寸进行了统计,如表2所示,台口的宽度与高度的比例通常在1.6~1.8之间,台口高度控制在10 m左右比较合适,但大部分舞台台口存在过宽的问题。

表2 剧院项目台口尺寸统计表

剧院	舞台台口		宽度/高度
	宽度/m	高度/m	
埃及阿及利亚歌剧院	18.4	10	1.84
天津武清剧院	16.0	9	1.78
新清华讲堂	17.9	11	1.63
乌鲁木齐大剧院	19.0	13	1.46
中央歌剧院	19.8	12	1.65

2.3 舞台混响时间的控制

由于舞台的容积通常是观众厅的两倍以上,因此舞台混响时间的控制就非常重要。舞台和观众厅之间会形成耦合空间,因此,舞台的混响时间应该尽量与观众厅相同,或略短于观众厅。这就需要舞台内布置大量的吸声材料来控制混响时间。但在工程实践中,经常出现由于吸声材料布置的不够,而导致舞台混响时间偏长的现象。因此,中期测试对于控制舞台最终的混响时间非常重要,通过中期测试结果,可以对舞台内吸声材料的布置进行调整,以确保舞台内的混响时间满足设计值。

3 声反射罩

3.1 声反射罩的作用

通过设置声反射罩(板)能够扩展剧场的使用功能。当需自然声演出或举办交响乐演出时则在

舞台上设置活动声反射罩或反射板,使有限的自然声功率不因为剧场舞台而逸散,提高自然声向观众席的传输效率及响度,有利于观众厅内反射声的获得。同时,声反射罩(板)也可改善乐队演奏人员之间的相互听闻条件。对于设置舞台声反射罩的剧场,观众厅应针对有无声反射罩的条件分别进行混响时间设计。

3.2 声反射罩的使用要求

反射罩应有合理的体形,使反射声分布合理,特别需要考虑使舞台表演区及观众席前区能够获得足够的早期反射声。反射罩高度宜在7~9 m,为了防止声能逸散,反射罩须与舞台口紧密相接。根据经验,目前国内剧场舞台空间吸声很大,反射罩必需具有良好的密闭性,以防声能损失。反射罩的尺寸比例应根据演出的规模来确定,如表3所示,根据不同使用需求设置。

表3 舞台反射罩尺寸与演出规模

演出规模	宽/m	深/m	高/m
大型管弦乐队(70~120人)	15	9	7
室内乐队(约25人)	8	5	7

考虑到乐队后部打击乐响度过大,反射罩后部宜留出一定缝隙,以释放部分打击乐的声能。亦可局部作强吸声处理或释放开口,取得各声部的平衡。反射罩应有较大刚度,面板与结构之间紧密固定,以防共振。反射罩表面宜有一定起伏变化,使其对中高频有良好的扩散作用。

3.3 声反射罩的材料

反声罩或反声板的表面材料应光滑整洁,以保证反声板的扩散效果。反声罩或反声板的材质应选择质量密度较大的材料,保证一定的密度。反射罩的厚度应达到20 mm以上,以确保低频有充足的扩散。反声罩或反声板的材质宜采用木质材料,可以获得较好的音色,但由于木质材料较重,也可以采用铝蜂窝等扩散效果较好的轻型材料,但表面应实贴木质材料

4 结语

剧院表演区主要包括乐池、舞台以及声反射罩,这三个部分都是剧院音质设计的重点。本文结合实际项目的设计经验,提出了目前表演区设计中值得关注的问题,为今后的剧院音质设计提供参考。

(下转第7页)

警系统为例,主要是通过前端音频探测报警及录音和视频监控、结合后台大屏显控设备以及报警管理软件平台,实现监仓内罪犯应急突发事件和异常声音的有效检测和监控。监狱监听报警系统,主要由监仓抗干扰拾音器、网络摄像机、网络交换机、服务器集群、集成平台、管理终端等设备和软件组成。

音频探测报警及录音是通过在监仓内安装监仓专用抗干扰拾音器,实现对监仓内不同的声音源进行分析检测,并对声音源进行处理,输出报警检测事件(例如吵架、打架、暴力破坏),应用关键词识别、声纹识别等音频技术追溯发生在监仓内的可疑事件。通过和摄像机联动,实现对监仓内实时情况的视频图像监控,并当音频探测报警网络录音系统检测到有监仓内罪犯应急突发事件发生时,立即触发视频监控画面联动显示。每一路音频通道具有独立的声增益/音量大小调节,通过声增益与音量大小调节,可以有效杜绝正常声音源所造成的误报,充分保障应急突发事件音源报警信息采集。

5.3 车辆违法鸣笛取证

车辆违法鸣笛取证系统,可在数秒内实现汽车乱鸣笛被抓拍到车牌号码被曝光于电子显示屏,同时,鸣笛抓拍系统可自动实时生成“声音视频”,还原鸣笛抓拍前后全过程,为鸣笛抓拍取证提供权威依据。违法鸣笛抓拍系统,主要由阵列拾音器、控制器、车牌抓拍识别摄像机、车牌显示屏、工业交换机、服务器集群、集成平台、管理终端等设备和软件组成。

其核心原理是采用阵列拾音器获取鸣笛声音信息,利用声呐及相控阵雷达技术,检测汽车鸣笛行为并定位,由高清摄像头和车辆跟踪抓拍识别处理器,在声学探头检测到汽车鸣笛后,跟踪并抓拍鸣笛车辆的车牌号码,集成平台与交警执法系统联动,将违章鸣笛车辆鸣笛行为证据上传到交警执法系统,在现场通过电子显示屏实时显示违法车辆号

牌,或推送至执法人员的手机等移动端设备。

5.4 低空目标声探测

低空目标声探测系统被动接收目标低空飞行过程中辐射的声波,不受能见度、通视度等条件的限制,可自动完成低空目标的探测预警。低空目标声探测设备具备全向探测能力,可为光电设备提供低空目标初始方向信息,引导光电设备指向目标。系统由传声器阵列、声探测主机、传输设备组成。传声器阵列完成目标声信号的拾取,声探测主机完成对目标声信号的处理和探测结果信息生成,传输设备完成声探测设备与其它设备(融合机等)的数据传输。

系统主要功能包括声数据采集、声定向跟踪与目标识别和声预警判决与探测结果信息生成模块等。声定向跟踪与目标识别模块对采集的多通道目标辐射噪声信号进行分析处理,利用阵元之间的声程差估计目标的方位角和俯仰角,并通过模式识别的方法对目标进行分类。声预警判决与探测结果信息生成模块利用识别信息进行预警判决,当目标为可疑目标时,生成包括目标的波达时间、方位角、俯仰角以及类型等的探测结果信息。

参考文献:

- [1] 郁建生,林珂,黄志华. 智慧城市顶层设计与实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2017.
- [2] 张亚,周梦然,陈君兰. 基于声源定位技术的智能视频监控[J]. 电子技术应用,2010,36(4):90-93.
- [3] 顾克明,顾程. 智能会议系统的自适应性[J]. 电声技术,2017,41(2):1-3.

作者简介:

余晖良(1986—),本科,助理工程师,研究方向:电视技术;

尹君(1972—),博士,高工,研究方向:电视技术。

责任编辑:宋宜楠

收稿日期:2018-06-06

(上接第3页)

参考文献:

- [1] 张秀国,吴亭莉. 乐池的深度和乐池层的垂直交通[J]. 演艺科技,2014(12):40-41.
- [2] 毛万红. 音乐厅舞台声学设计解读——有利于演奏者

的声学条件[J]. 中外建筑,2011(8):45-47.

- [3] 李布白. 试析舞台尺度[J]. 演艺科技,2004(5):32-39.

责任编辑:辛美玉

收稿日期:2018-06-06